

Variabilitas Genetik Plasma Nutfah Kelapa Sawit Asal Angola dan Seleksi Genotipe Berbasis Famili dan Individu untuk Pembentukan *Breeding Population* Baru

Genetic Variability of Oil palm Germplasm from Angola and Genotype Selection Based on Family and Individual Performance for Formation a New Breeding Population

ISMAIL MASKROMO¹, AZIS NATAWIJAYA², SYAFARUDDIN³, FADJRY DJUFRY³, DAN M. SYAKIR⁴

¹Balai Penelitian Tanaman Palma

²Mekarsari Research Station, PT. Sasaran Ehsan Mekarsari, Bogor, Indonesia

³Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor

⁴Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Jln. Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001

E-mail: is_maskromo@yahoo.com

Diterima 23 Januari 2017 / Direvisi 30 Maret 2017 / Disetujui 29 Mei 2017

ABSTRAK

Keberhasilan pengembangan varietas unggul kelapa sawit untuk program intensifikasi ditentukan oleh ketersediaan material genetik dan variabilitas genetiknya yang luas. Variasi genetik pada plasma nutfah dapat berasal dari variasi antar individu dalam famili dan variasi antar famili. Karakterisasi plasma nutfah kelapa sawit asal Angola bertujuan untuk mengkarakterisasi plasma nutfah kelapa sawit asal Angola, mengidentifikasi genotipe-genotipe yang memiliki karakter spesifik, serta seleksi genotipe berbasis famili dan individu untuk pembentukan *breeding populations* baru. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Sitiung, Sumatera Barat pada bulan Januari sampai Desember 2016. Semua individu pada semua famili di populasi dura dan tenera/pisifera digunakan sebagai bahan penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa plasma nutfah kelapa sawit asal Angola memiliki variabilitas genetik yang luas. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi genotipe-genotipe yang memiliki karakter spesifik dan famili-famili terseleksi. Genotipe-genotipe tersebut dapat digunakan untuk merakit populasi baru untuk pemuliaan kelapa sawit tipe baru.

Kata kunci : Karakter spesifik, populasi pisifera, populasi dura, kelapa sawit tipe baru, perbaikan populasi.

ABSTRACT

Development a new oil palm variety is determined by the availability of oil palm genetic materials. The genetic variability could be resulted from both intra and inter family variation. Angola oil palm germplasm is a new oil palm material which were collected from natural habitat in Angola, Africa by Indonesian oil palm consortium. The objective of this research were to identify genotypes which carrying any specific characters as well as genotypes-based selection of families and individuals for the formation of a new breeding population.. The research were conducted at Kebun Percobaan Sitiung, West Sumatra from January until Desember 2016. The result showed that the genetic variability within and among families are relatively high. There are some genotypes and families selected. The selected genotypes could be used for formation a new breeding population.

Keywords : Specific character, pisifera population, dura population, a new oil palm type, population improvement.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis Indonesia karena mampu menyumbang devisa negara dan menopang kesejahteraan

masyarakat. Tanaman ini merupakan tanaman penghasil minyak sayur utama dunia. Perkebunan kelapa sawit tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Perkembangan luas areal sawit sangat cepat, tahun 2013 mencapai 4926 ribu ha. Luas areal tersebut meliputi perkebunan rakyat 1.827 ribu ha (34,9%), perkebunan negara seluas

645 ribu ha (12,3%), dan perkebunan besar swasta seluas 2.765 ribu ha (52,8%). (Goenadi *et al.*, 2005).

Kebutuhan produk minyak sawit dan turunannya akan terus meningkat di tahun mendatang seiring dengan meningkatnya populasi dunia, sehingga pengembangan perkebunan kelapa sawit harus terus dilakukan secara berkesinambungan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat baik petani maupun industri. Pengembangan kelapa sawit di masa mendatang tidak hanya diarahkan melalui pendekatan ekstensifikasi dengan memperluas areal pertanaman, namun dapat dilakukan dengan pendekatan intensifikasi. Pendekatan intensifikasi di masa mendatang merupakan pendekatan berkelanjutan karena dapat mengurangi laju konversi lahan dan mengurangi konflik dan isu lingkungan terkait keanekaragaman hayati Indonesia.

Untuk mengembangkan produksi kelapa sawit melalui pendekatan intensifikasi, diperlukan varietas unggul kelapa sawit tipe baru. Kelapa sawit tipe baru tersebut harus memiliki potensi hasil yang lebih tinggi per satuan hektar, lama produksi yang lebih panjang, dan umur panen yang lebih awal. Keberhasilan perakitan varietas unggul ditentukan oleh ketersediaan materi genetik. Sejumlah peneliti telah melaporkan informasi keragaman genetik plasma nutfah kelapa sawit (Tasma dan Arumsari 2013, Tinche *et al.*, 2014, Sayekti *et al.*, 2015, Taeprayoon *et al.*, 2015). Namun demikian informasi mengenai keragaman genetik plasma nutfah kelapa sawit asal Angola masih terbatas.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Republik Indonesia melalui Balai Penelitian Kelapa dan Palma Lain memiliki koleksi plasma nutfah kelapa sawit hasil eksplorasi Konsorsium Sawit Indonesia dari wilayah Kamerun dan Angola. Karakterisasi, identifikasi karakter spesifik, dan seleksi genotipe-genotipe berbasis famili maupun individu pada populasi kelapa sawit asal Angola masih belum banyak dilaporkan (Sayekti *et al.*, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi plasma nutfah kelapa sawit asal Angola, mengidentifikasi genotipe-genotipe yang memiliki karakter spesifik, serta seleksi genotipe berbasis famili dan individu untuk pembentukan *breeding populations*.

BAHAN DAN METODE

Karakterisasi morfologi dan identifikasi karakter spesifik dilakukan di Kebun Percobaan Sitiung, Sumatera Barat pada bulan Januari 2016 sampai Desember 2016. Material genetik yang digunakan dalam penelitian merupakan plasma

nutfah kelapa sawit hasil eksplorasi di Angola yang terdiri atas 2 populasi, yaitu populasi dura dan populasi tenera/pisifera. Pengamatan dilakukan pada seluruh individu (1000 genotipe) dari dua populasi tersebut. Karakter komponen hasil yang diamati, yaitu (1) jumlah tandan; (2) bobot tandan; (3) jumlah bunga jantan. Karakter spesifik yaitu (1) warna kulit mesocarp; (2) ukuran buah (bobot buah individual); (3) panjang tangkai tandan; (4) panjang daun; (5) tinggi tanaman. Prosedur pengamatan masing-masing karakter sesuai dengan panduan *Descriptors for Oil palm* (IBPGR 1989).

Seleksi genotipe dilakukan berbasis famili dan individu menggunakan analisis multivariat. Seleksi berbasis famili didasarkan dua parameter populasi, yaitu nilai tengah dan keragaman. Famili yang terseleksi, yaitu famili-famili yang memiliki keragaman yang tinggi (nilai tengah) dan keragaman yang rendah yang berarti semua individunya homogen. Seleksi berbasis individu ditampilkan dalam grafik biplot dengan selang kepercayaan sebagai pembatas antar kuadran. Data dianalisis menggunakan bantuan perangkat lunak Minitab 16.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil evaluasi dan karakterisasi morfologi plasma nutfah kelapa sawit asal Angola memperlihatkan keragaman genetik yang tinggi. Gambar 1 memperlihatkan keragaman dan morfologi genotipe kelapa sawit Angola yang memiliki karakter spesifik. Gambar 1a genotipe dura virescens, Gambar 1b genotipe pisifera virescens, Gambar 1c genotipe tenera super dumpy yang diindikasikan dengan jarak antar pelepah yang rapat, Gambar 1d genotipe tenera virescens dan memiliki panjang tangkai tandan yang panjang, Gambar 1e dan 1f genotipe-genotipe pisifera super dumpy.

Keragaman Fenotipe Populasi Dura

Sembilan karakter kuantitatif yang diamati pada populasi dura plasma nutfah asal Angola memiliki rentang nilai fenotipe yang luas (Tabel 1). Variabilitas fenotipe yang luas merupakan refleksi dari variasi genetik. Untuk karakter kuantitatif, pengaruh genetik berinteraksi dengan lingkungan menghasilkan nilai fenotipe atau keragaman tanaman. Karakter-karakter yang memiliki variasi fenotipe terluas, yaitu karakter jumlah bunga jantan, bobot tandan, dan produksi tandan buah segar. Seleksi berdasarkan ketiga karakter tersebut diduga akan menghasilkan kemajuan genetik yang tinggi.



Gambar 1. Genotipe-genotipe yang membawa karakter spesifik (a) *dura virescens*; (b) *pisifera virescens*; (c) tenera mesocarp tebal dan buah besar; (d) tenera tangkai tandan panjang; (e dan f) pisifera super dumpy..

Figure 1. Genotypes having specific characters; (a) *virescens dura*; (b) *virescens pisifera*; (c) thick mesocarp and big fruit tenera; (d) long peduncle tenera; (e dan f) super dumpy pisifera.

Sebaran keragaan karakter-karakter kuantitatif yang disajikan pada Gambar 2a, 2b, 2c, dan 2d menunjukkan bahwa semua karakter

menyebar normal dengan sebaran yang kontinyu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakter-karakter tersebut dikendalikan oleh gen-gen minor dengan pengaruh bersifat aditif dan dipengaruhi oleh lingkungan. Adam *et al.* (2011) dan Ajambang *et al.* (2015) melaporkan bahwa karakter rasio tandan, jumlah bunga betina, dan jumlah bunga jantan sebagai penentu karakter daya hasil diregulasi secara kompleks melalui peran serangkaian gen yang berinteraksi dengan faktor-faktor lingkungan dalam mengatur proses fisiologi dan metabolisme asimilat. Seleksi pada karakter-karakter kuantitatif yang dikendalikan oleh gen minor pada kelapa sawit membutuhkan waktu yang lebih lama dengan ukuran populasi yang lebih besar.

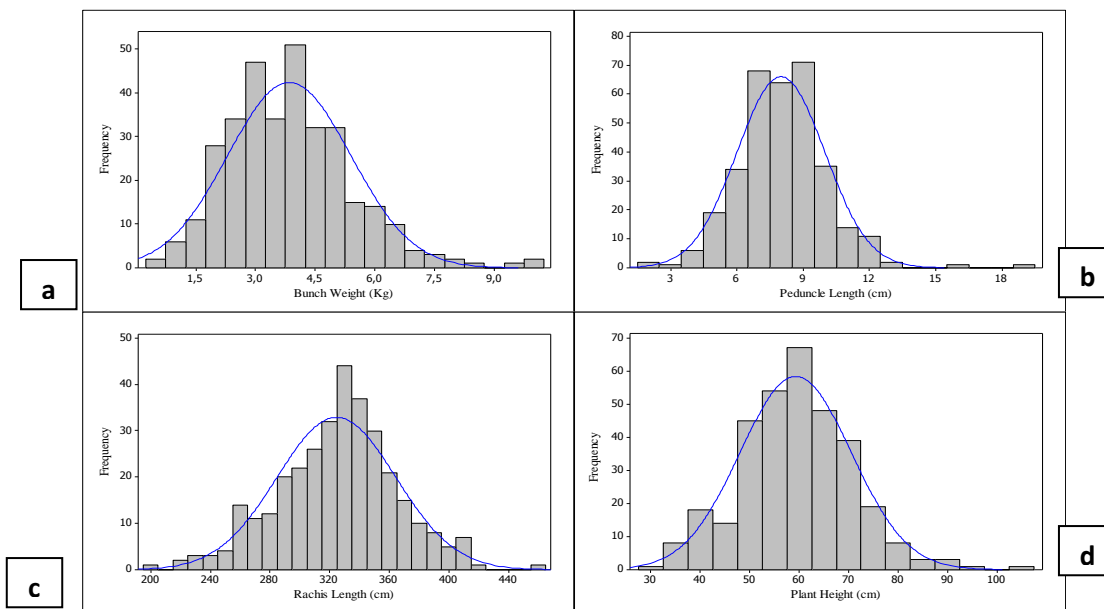
Seleksi Individu dan Famili pada Populasi Dura

Seleksi pada tanaman kelapa sawit saat ini tidak hanya didasarkan kepada karakter tunggal saja, tetapi umumnya mempertimbangkan beberapa karakter penting (Legros *et al.*, 2009; Noh *et al.*, 2014). Berdasarkan hasil seleksi sifat berganda (*multivariet*) menggunakan tampilan biplot, genotipe yang memiliki kombinasi karakter dumpy dan daya hasil tinggi belum diperoleh. Genotipe-genotipe yang pertambahan tingginya lambat umumnya berdaya hasil rendah sampai sedang, sedangkan genotipe yang berdaya hasil tinggi cenderung memiliki karakter pertambahan tinggi yang cepat (Gambar 3a).

Tabel 1. Karakteristik populasi dura Angola.
Table 1. Characteristic of Angola dura population.

Karakter Character	Rataan Mean	SE SE	Ragam Fenotipe Phenotypic variance	KKF (%) CPV (%)
Panjang daun (cm) leaf length (cm)	396,33	2,61	2236,88	11,93
Panjang tangkai tandan (cm) Peduncle length (cm)	8,00	0,11	3,95	24,84
Bobot perbuah (g) Weight of fruit (g)	10,82	0,15	7,48	25,29
Jumlah bunga jantan Number of male flower	1,85	0,15	7,06	43,35
Jumlah bunga betina Number of bunch	13,74	0,22	15,56	28,71
Rasio sex Sex ratio	0,88	0,01	0,03	19,34
Bobot tandan (Kg) Weight of bunch (Kg)	3,85	0,09	2,39	40,19
Produksi tandan buah segar (Kg) Fresh fruit bunch (Kg)	52,33	1,33	581,74	46,09
Tinggi pohon (cm) Plant height (cm)	59,31	0,62	126,53	18,97

Keterangan: SE = Standar Error, KKF = Koefisien Keragaman Fenotipe.
Note: SE = Standard of Error, CPV = Coefficient of Phenotypic Variance.



Gambar 2. Sebaran karakter-karakter kuantitatif plasma nutfah kelapa sawit asal Angola, karakter bobot tandan; (b) karakter panjang tangkai tandan, (c) karakter panjang daun, (d) karakter tinggi tanaman.

Figure 2. Distribution of quantitative characters of Angola oil palm germplasm, (a) weight of bunch, (b) length of peduncle, (c) length of rachis, (d) plant height.

Genotipe-genotipe yang memiliki kombinasi daya hasil tinggi dengan struktur tajuk kompak berhasil diidentifikasi, yaitu genotipe D037_5 (Gambar 3b). Genotipe dura yang berdaya hasil tinggi dengan struktur tajuk yang kompak dapat dikembangkan lebih lanjut dengan cara *selfing* untuk membentuk populasi tetua dura berdaya hasil tinggi dan berstruktur tajuk kompak. Genotipe berarsitektur tajuk kompak merupakan salah satu genotipe yang ditujukan untuk merakit varietas komersil yang dapat ditanam dengan jumlah populasi yang lebih banyak per hektar sehingga mendukung program intensifikasi (Alvarado *et al.*, 2010).

Gambar 3c menampilkan analisis biplot untuk karakter daya hasil dan panjang tangkai tandan. Genotipe yang memiliki karakter tangkai tandan yang panjang akan sangat membantu untuk meningkatkan efisiensi dan memudahkan panen terutama jika diintegrasikan dengan plasma nutfah *dumpy*. Dua genotipe yang memiliki tangkai tandan yang panjang, yaitu satu genotipe memiliki daya hasil medium dan genotipe yang lain memiliki daya hasil tinggi. Genotipe yang memiliki tangkai tandan yang panjang dengan daya hasil medium, yaitu genotipe D066_6. Genotipe yang memiliki tangkai tandan yang panjang dengan daya hasil tinggi yaitu genotipe D110_5.

Seleksi berbasis informasi keragaman dan keragaan beberapa karakter agronomi penting ditujukan untuk menyeleksi famili-famili yang memiliki keragaan tinggi dan seragam secara genetik. Famili-famili dura asal Angola umumnya masih beragam secara genetik namun terdapat satu famili dura yang memiliki banyak keunggulan dan seragam secara genetik, yaitu D009 (Gambar 4). Famili Dura ini akan digunakan dan dikembangkan untuk membentuk populasi baru yang digunakan untuk mempercepat perakitan varietas unggul baru.

Keragaman Fenotipe Populasi Tenera/Pisifera

Sembilan karakter kuantitatif yang diamati memiliki rentang fenotipe yang luas. Jumlah bunga jantan, produksi tandan buah segar, jumlah bunga betina, bobot tandan, dan bobot per buah merupakan karakter-karakter pada populasi tenera/pisifera yang memiliki keragaman fenotipe terluas (Tabel 2). Karakter-karakter yang memiliki keragaman fenotipe yang luas mengindikasikan bahwa jika tekanan seleksi diarahkan untuk sifat-sifat tersebut akan memberikan kemajuan genetik yang lebih tinggi dibanding menggunakan karakter lain.

Tabel 2. Karakteristik populasi plasma nutfah tenera/pisifera asal Angola.
 Table 2. Characteristic of tenera/pisifera population from Angola oil palm germplasm.

Karakter <i>Character</i>	Rataan <i>Mean</i>	SE <i>SE</i>	Ragam Fenotipe <i>Phenotypic Variance</i>	KKF(%) <i>KKF (%)</i>
Panjang daun (cm) <i>Length of leaf (cm)</i>	428,57	3,30	1384,63	8,68
Panjang tangkai tandan (cm) <i>Length of peduncle (cm)</i>	8,516	0,162	3,333	21,44
Bobot per buah (g) <i>Weight of individual fruit (g)</i>	10,637	0,306	11,403	31,75
Jumlah bunga jantan <i>Number of male flower</i>	2,000	0,262	8,730	47,73
Jumlah bunga betina <i>Number of bunch</i>	12,850	0,413	21,684	36,24
Rasio sex <i>Sex ratio</i>	0,8603	0,0181	0,0414	23,65
Bobot tandan (Kg) <i>Weight of bunch (Kg)</i>	3,917	0,126	1,908	35,26
Produksi tandan buah segar (Kg) <i>Fresh fruit bunch (Kg)</i>	47,15	2,00	486,46	46,77
Tinggi tanaman (cm) <i>Plant hight (cm)</i>	73,26	1,23	190,72	18,85

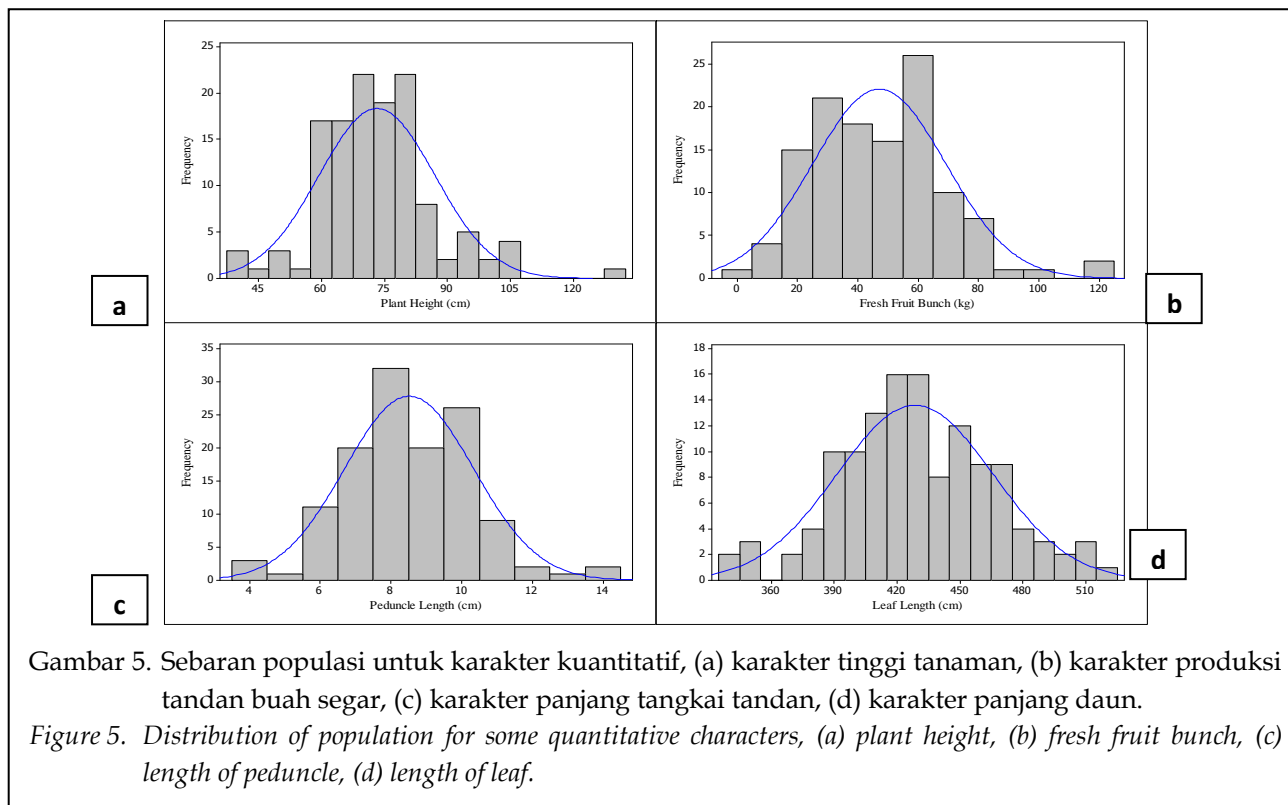
Keterangan : SE = standar error, KKF = Koefisien Keragaman Fenotipe

Note : SE = standard of error, CPV = Coefficient of Phenotypic Variance

Sebaran keragaan karakter-karakter kuantitatif yang disajikan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa semua karakter menyebar normal dengan sebaran yang kontinyu. Pola sebaran karakter-karakter kuantitatif pada populasi ini sama dengan populasi dura yang mengindikasikan adanya peran gen-gen minor yang bersifat aditif dalam mengendalikan karakter-karakter tersebut.

Seleksi Individu dan Famili pada Populasi Tenera/Pisifera

Seleksi simultan ditujukan untuk mendapatkan populasi tetua yang memiliki sifat ideal untuk semua karakter yang diamati. Beberapa karakter target dalam pemuliaan kelapa sawit, yaitu : (1) karakter hasil minyak, (2) tanaman yang pendek, (3) peningkatan kualitas



minyak, (4) ketahanan terhadap penyakit, (5) sifat-sifat fisiologis unggul dan efisiensi panen. Seleksi berbasis individu pada populasi tenera/pisifera berhasil menyeleksi genotipe-genotipe berdaya hasil tinggi, berstruktur tajuk kompak, tangkai tandan yang panjang dan memiliki pertumbuhan tinggi yang lambat. Genotipe-genotipe tersebut, yaitu T025_5 dan T003_7 (Gambar 6).

Seleksi Famili Tenera/Pisifera

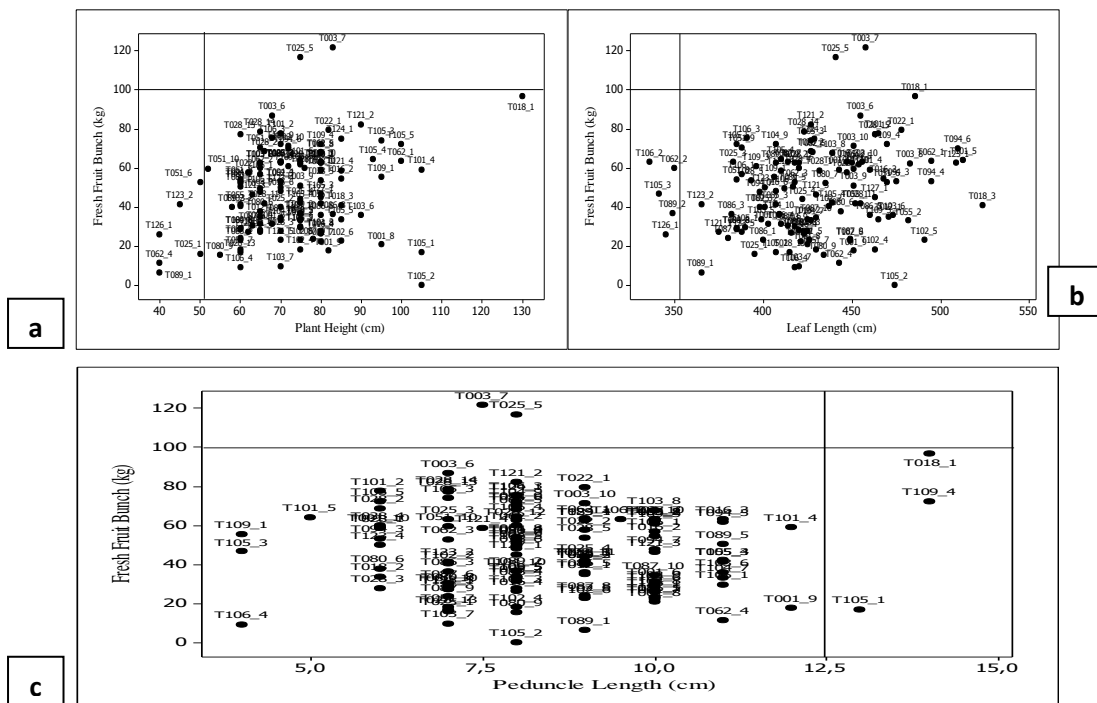
Famili-famili yang terseleksi berdasarkan seleksi simultan, yaitu famili T022, T018, dan T003 (Gambar 7). Famili-famili tenera/pisifera terseleksi dapat digunakan sebagai tetua untuk membentuk populasi tenera/pisifera baru.

Mayoritas populasi kelapa sawit liar di Afrika tumbuh di dataran rendah tropis dengan curah hujan tahunan rata-rata sekitar 1780 - 2280 mm dan suhu berkisar antara 24 sampai 30°C. Pohon kelapa sawit Afrika bisa mencapai ketinggian 15 - 18 meter, sampai 30 meter di hutan lebat alami. Panjang daunnya mencapai 8 meter. Beberapa pohon kelapa sawit berumur lebih dari 200 tahun (Barcelos *et al.*, 2015). Beberapa hasil penelitian tentang analisis keragaman genetik spesies menunjukkan bahwa populasi liar kelapa

sawit Afrika secara umum dapat dipisahkan menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok yang berada di ujung barat Afrika, Afrika khatulistiwa dan di Pulau Madagaskar (Bakoume *et al.*, 2015).

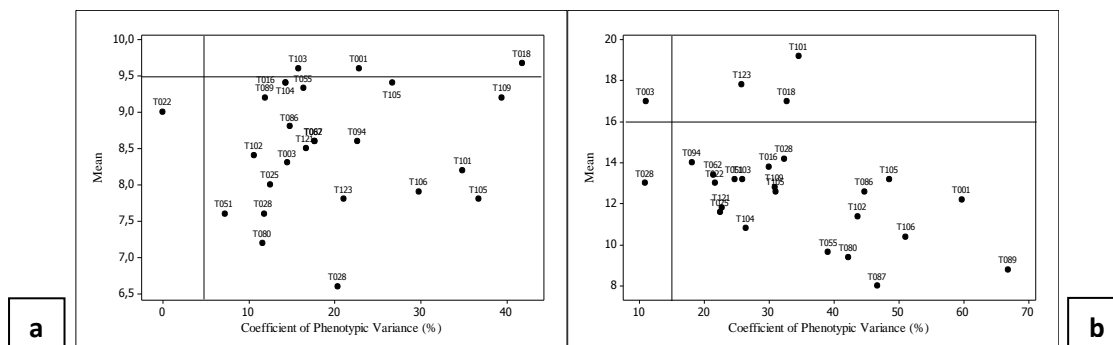
Kelapa sawit Afrika memiliki warna exocarp yang berbeda, yaitu nigrescens dan virescens. Tipe nigrescens mengakumulasi banyak antosianin, yang menghasilkan warna ungu tua sampai hitam pada apeks buah. Buah yang bertipe virescens berwarna hijau ketika belum matang, dan berubah oranye pada saat matang akibat akumulasi karotenoid dan degradasi klorofil yang berhubungan dengan proses pemasakan. Lima alel mutan dominan spontan pada gen VIRESCENS menonaktifkan sintesis antosianin, sehingga menghasilkan tipe buah virescens (Singh *et al.*, 2014).

Dua populasi plasma nutfah kelapa sawit asal Angola yang digunakan dalam penelitian ini secara umum hanya dibedakan berdasarkan tipe cangkang yaitu populasi dura dan populasi tenera/pisifera. Perbedaan tipe cangkang pada kelapa sawit dura (bercangkang tebal), pisifera (tidak bercangkang) dan tenera (bercangkang tipis sebagai hasil silangan dura x pisifera) hanya disebabkan oleh perbedaan dua nukleotida pada



Gambar 6. Grafik biplot, (a) karakter produksi tandan buah segar dan tinggi tanaman, karakter produksi tandan buah segar dan panjang daun, (c) karakter produksi tandan buah segar dan panjang tangkai tandan.

Figure 6. Biplot, (a) characters of fresh fruit bunch and plant height, (b) fresh fruit bunch and length of leaf, (c) fresh fruit bunch and length of peduncle.



Gambar 7. Identifikasi famili tenera/pisifera seragam, (a) bobot per buah, (b) jumlah tandan.
 Figure 7. Identification of homogenous family of tenera/pisifera population, (a) weight of fruit, (b) number of bunches.

gen regulator. Singh *et al.* (2013) menggunakan metode *homozygosity mapping by sequencing* berhasil menemukan dua mutasi yang terjadi secara terpisah pada domain pengikatan DNA (*DNA-binding domain*) pada sebuah homolog gen MADS-box, SEEDSTICK (STK, yang juga dikenal dengan AGAMOUS-LIKE11) yang mengontrol perkembangan benih dan identitas ovul di Arabidopsis. Gen SHELL berperan dalam menentukan fenotipe dura, pisifera, dan tenera. Fenotipe dura homozigot dominan untuk tipe cangkang tebal, genotipe pisifera homozigot resesif, dan genotipe tenera bersifat heterozigot. Pola pewarisan tipe cangkang yang pertama kali ditemukan oleh Beirnaert dan Vanderweyen (1941) menjadi dasar dalam perakitan varietas hibrida pada tanaman kelapa sawit dengan menyilangkan populasi dura (D) dan populasi pisifera (P) menghasilkan populasi F1 tenera (DxP).

Hasil karakterisasi plasma nutfah Angola baik pada populasi dura maupun tenera/pisifera menunjukkan keragaman fenotipe yang luas pada hampir semua karakter yang diamati. Hasil ini sesuai dengan hasil studi keragaman genetik menggunakan marka molekuler SSR pada plasma nutfah asal Angola yang dilaporkan oleh Sayekti *et al.* (2015). Kegiatan penelitian identifikasi genotipe-genotipe kelapa sawit yang memiliki karakter spesifik dalam upaya mendukung program perbaikan hasil, kualitas hasil dan intensifikasi, berhasil menyeleksi genotipe-genotipe yang memiliki karakter super dumpy yang berguna untuk memperpanjang umur produktif tanaman dan memudahkan panen; *genotipe virescens* baik dura maupun pisifera yang berguna untuk meningkatkan efisiensi panen dan mengurangi kehilangan hasil; genotipe tangkai tandan panjang yang berguna untuk memudahkan panen, genotipe buah besar yang berguna untuk meningkatkan kandungan minyak baik mesocarp maupun kernel. Genotipe-genotipe yang memiliki

karakter spesifik baik pada populasi dura maupun tenera/pisifera dapat digunakan untuk membentuk *breeding population* baru.

KESIMPULAN

Plasma nutfah kelapa sawit asal Angola memiliki variabilitas genetik yang luas. Genotipe-genotipe yang memiliki kombinasi daya hasil tinggi dengan struktur tajuk kompak pada populasi dura, yaitu genotipe D037_5. Genotipe yang memiliki tangkai tandan panjang dengan daya hasil tinggi yaitu genotipe D110_5. Famili dura terseleksi yaitu famili D009. Genotipe-genotipe tenera/pisifera yang berdaya hasil tinggi, berstruktur tajuk kompak, tangkai tandan panjang dan memiliki pertumbuhan tinggi yang lambat, yaitu genotipe T025_5 dan T003_7. Famili-famili yang terseleksi pada populasi tenera/pisifera, yaitu famili T022, T018, dan T003.

Genotipe-genotipe dan famili terseleksi dapat digunakan untuk membentuk *breeding populations*, untuk merakit varietas baru berdaya hasil tinggi, berarsitektur tajuk kompak dan pendek, serta mudah dipanen karena memiliki tangkai tandan panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Adam, H., M. Collin, F. Richaud, T. Beule, D. Cros, A. Omore, L. Nodichao, B. Nouy, J.W. Tregear. 2011. Environmental regulation of sex determination in oil palm: current knowledge and insights from other species. *Ann Bot* 108: 1529-1537.
 Ajambang W., S.W. Ardie, H. Volkaert, M. Madi, Sudarsono. 2015. Massive carbohydrate assimilates delay response to stress in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) caused by

- complete defoliation. *Emir J Food Agric* 27: 127-138.
- Alvarado, A., R. Escobar, F. Peralta. 2010. ASD's oil palm breeding program and its contributions to the oil palm industry. *ASD Oil Palm Papers* 34, 1-16.
- Bakoume, C., R. Wickneswari, S. Siju, N. Rajanaidu, A. Kushairi, and N. Billotte. 2015. Genetic diversity of the world's largest oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) field gene bank accessions using microsatellite markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 62, 349-360. doi:10.1007/s10722-014-0156-8
- Barcelos, E., S.A. Rios, R.N.V. Cunha, R. Lopes, S.Y. Motoike, E. Babiychuk, A. Skiryecz, S. Kushnir. 2015. Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. *Front. Plant Sci.* 6:190. doi: 10.3389/fpls.2015.00190.
- Beirnaert, A., R. Vanderweyen. 1941. Contribution à l'étude génétique et biométrique des variétés d'*Elaeis guineensis* Jacq. *Publ. Inst. Nat. Etude Agron. Congo Belge. Ser. Sci.* 27, 1-101.
- Goenadi, D.H., B. Dradjat, L. Erningpraja, B. Hutabarat. 2005. *Prospek dan Arah Perkembangan Agribisnis Kelapa Sawit di Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- IBPGR. 1989. *Descriptors for Oilpalm*. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Legros, S., S.I. Mialet, J.P. Caliman, F.A. Siregar, A.C. Vidal, D. Fabre, M. Dingkuhn. 2009. Phenology, growth and physiological adjustments of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) to sink limitation induced by fruit pruning. *Ann Bot.* 104(6):1183-1194.
- Noh, A., M.Y. Rafii, A.M. Din, A. Kushairi, A. Norziha, N. Rajanaidu, M.A. Latif, M.A. Malek. 2014. Variability and performance evaluation of introgressed Nigerian *dura* x Deli *dura* oil palm progenies. *Genet Mol Res.* 13(2):2426-2437.
- Sayekti, U., U. Widyastuti, N.M. Toruan. 2015. Keragaman genetik kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) asal angola menggunakan marka SSR. *J Agron Indonesia.* 43(2):140-146.
- Singh, R., E.T. Low, L.C. Ooi, M. Ong-Abdullah, R. Nookiah, N.C. Ting, M. Marjuni, P.L. Chan, M. Ithnin, M.A. Manaf, J. Nagappan, K.L. Chan, R. Rosli, M.A. Halim, N. Azizi, M.A. Budiman, N. Lakey, B. Bacher, A. Van Brunt, C. Wang, M. Higan, D. He, J.D. MacDonald, S.W. Smith, J.M. Ordway, R.A. Martienssen, R. Sambanthamurthi. 2014. The oil palm VIRESCENS gene controls fruit colour and encodes a R2R3-MYB. *Nat. Commun.* 5, 4106. doi:10.1038/ncomms5106
- Taeprayoon, P., P. Tanya, S.H. Lee, P. Srinives. 2015. Genetic background of three commercial oil palm breeding populations in Thailand revealed by SSR markers. *Australian Journal of Crop Science* 9(4):281-288.
- Tasma, I.M., S. Arumsari. 2013. Analisis diversitas genetik aksesori kelapa sawit Kamerun berdasarkan marka SSR. *J. Littri* 19:194-202.
- Tinche, D. Asmono, D. Dinarty, Sudarsono. 2014. Keragaman genetik kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) populasi nigeria berdasarkan analisis marka SSR (Simple Sequence Repeats). *Buletin Palma* 15(1): 14-23.